

# 基于四轴机械手的自动涂胶系统设计与应用

宋卓希 王宇晨

(北京奔驰汽车有限公司 北京 100176)

**摘要:** 本文设计并开发了一种基于四轴机械手的自动涂胶系统,以取代传统的人工涂胶方式。该系统在利用现场 ATN 手动涂胶系统的基础上,完成了四轴机械手硬件结构设计、涂胶轨迹算法设计、电气控制系统设计,对传统的手动涂胶设备和 ATN 手动涂胶系统进行改造,首次应用于奔驰总装车间材质不同的后备箱托盘自动涂胶。现场使用效果表明,该系统能够满足工艺要求,减少人工涂胶工时约 30s,提高了后备箱托盘涂胶工艺的准确性和一致性。与传统的使用大型机器人或人机协作机器人的方案相比,该系统能够以较低的自动化改造成本实现生产效率和质量的全面提升。

**关键词:** 四轴机械手; 自动涂胶; 生产效率提升; 涂胶一致性

## 0 引言

传统的涂胶工艺由人工完成,劳动强度大且有有毒有害。由于工人熟练程度和疲劳程度的影响,人工涂胶操作的效率和准确率波动较大,时常发生涂胶轨迹错误,导致后备箱托盘与车身粘接不良,引发车辆后备箱漏水问题。

传统的基于大型工业机器人的自动涂胶系统,因其准确度高、一致性强、可靠性高等优点,在汽车主机厂关键部件上有广泛的应用,如天窗、前后风挡、侧围三角窗等。但是,这种传统的自动涂胶方式的缺点也非常明显,如一次性投入成本高,需要占用整个甚至更多的工位,需要将整个区域用安全围栏围起来以确保其安全性,每当产品换型时需要大量的改造费用等。

本文采用的是一种简单的四轴机械手模式,用以实现后备箱托盘的自动涂胶过程,且通过采用手持示教器模式控制各轴的动作、参数的设定、涂胶轨迹程序的编写,可简单、快速优化涂胶轨迹,为后续产品的更新换代预留了拓展改造空间,提升了制造效率和质量,能够节约企业人力成本,提升企业竞争力。

## 1 传统后备箱托盘手工涂胶工艺

传统的后备箱托盘的涂胶工艺是操作人员将后备箱托盘固定在脚踏气动旋转工作台上的定位块中,后备箱托盘随工作台旋转,工人手持带有开关的胶枪,按下开关后,随着工作台旋转,工人持胶枪将工件边缘均匀涂一圈。

整个涂胶过程完全通过人工控制,故有如下缺陷。

(1) 涂胶质量: 手动持枪按按钮动作、持枪高度、胶枪和旋转台的相对速度影响胶型和涂胶轨迹,容易造

成断胶、胶型一致性差等问题,导致粘接不良,从而引发漏水隐患。

(2) 生产效率: 该工位完成后备箱托盘拿取、涂胶、安装到车身等相应工序,共需要 90s 左右,整体工时长,如需产能提升,工艺平衡难度大。

(3) 工人健康: 胶为有毒有害性化学品,如果皮肤触碰处理不当会导致接触性皮炎,人体长期吸入会导致肺部疾病,以及头痛、眩晕、麻木甚至昏迷等神经系统病变,严重影响工人健康。

为解决以上问题,本文设计了一种成本较低的四轴机械手自动涂胶方案。

## 2 基于四轴机械手的自动涂胶方案设计

自动涂胶系统由四轴自动涂胶执行系统及 ATN 胶料供给系统两部分组成。四轴自动涂胶执行系统通过工装台上的传感器判断托盘类型,执行相应的轨迹程序并控制胶阀,胶阀到位信号反馈给 ATN 胶料控制器; ATN 胶料供给系统收到胶阀反馈信号后,启动系统工作,将胶料供应到机器人末端胶枪,从而实现涂胶功能。本文利用现场原有 ATN 胶料供给系统并对其进行改造,自行设计四轴自动涂胶执行系统实现手动、自动涂胶。

### 2.1 四轴机构及工作台设计

该系统采用组合式结构,由电气控制箱(柜)、工件固定装置、工作台、四轴模组组件( $X$ 轴直线运动方向、 $Y$ 轴直线运动方向、 $Z$ 轴直线方向、 $A$ 轴旋转方向)、传感限位组件及连接线缆等组成,装配和拆卸、维护方便,机动性好。

该系统各轴运动行走机构由闭环步进电动机驱动,保证运动精准不失步,低压驱动器确保安全,其中  $Y$  轴采用双电动机模式,  $X$  轴方向方便上下工件,  $Z$  轴采用

带抱闸自锁电动机，保证断电时的安全性。

该系统采用台式结构机座，工件定位及固定采用气动压紧方式及定位块保证，当工件放在工作台上时，顶住定位块，精准定位，自动压紧，保证涂胶轨迹的一致性。

工作台上方的铝型材龙门梁结构，是为了放置和四轴机器人同步运行的随动电葫芦，以对四轴机器人起到二次保护作用，即电葫芦上有一根钢丝绳，一端固定在电葫芦上，一端固定在四轴机器人上，当四轴机器人运行的时候，会通过钢丝绳拖拽电葫芦，而电葫芦通过钢丝绳对四轴机器人起到一个保护作用。

在工作台内部，根据四轴机器人运行空间的大小，给后备箱托盘设计了相应的定位辅助工装，由尼龙块支撑组成，安装在工作台上面的平台上。

这样的组合式设计能在实现三维空间内涂胶的前提下将成本降到最低。

### 2.2 电气控制系统及涂胶轨迹设定

电气控制系统采用进口 TV5604DJ 控制系统，具有成熟的轨迹控制软件、良好的加减速和插补运算，可以设置不同的运动速率及原点限位，带有一定的数字输入/输出。

涂胶轨迹设定采用手持式示教器人工设定模式，涂胶轨迹手持式示教器如图 1 所示。通过人工操作示教器，

控制各轴的动作，并进行简单的参数设定，涂胶轨迹程序可快速编写完成。

### 2.3 多车型防误防错设计

由于不同车型对应的后备箱托盘材质、形状、尺寸参数不一样，所对应的涂胶轨迹要求也有所不同。针对材质不同的特性（两种零件分别为金属材质和非金属材质），通过增加超远距离金属与非金属识别传感器、金属材质定位传感器、塑料材质定位传感器等对零件材质和定位进行识别，并根据识别结果选择正确的涂胶轨迹程序，以实现不同车型的后备箱托盘涂胶。

两种不同材质后备箱托盘的涂胶轨迹程序如图 2 和图 3 所示。

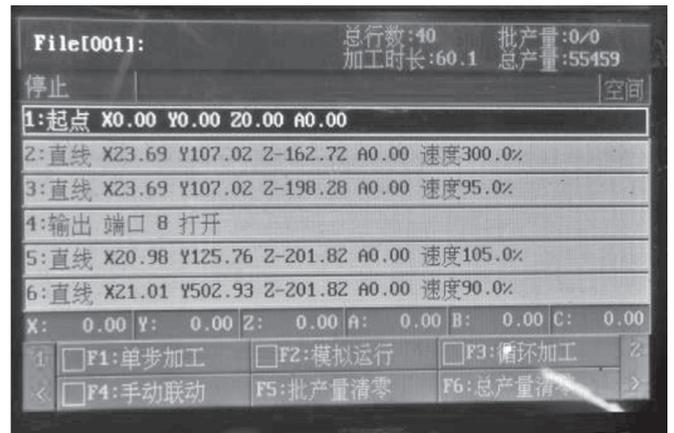


图 2 塑料后备箱托盘涂胶轨迹程序

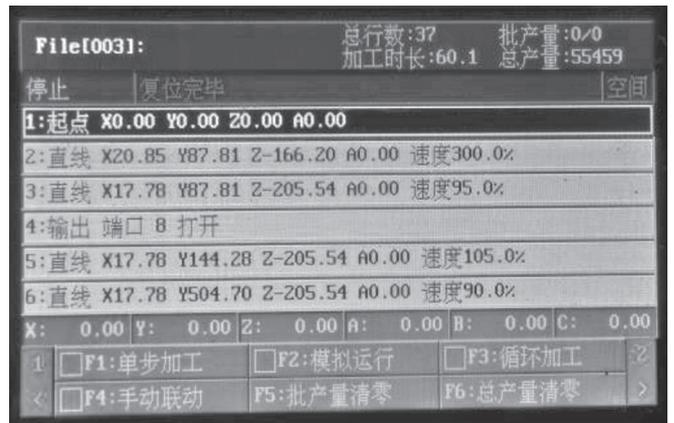


图 3 金属后备箱托盘涂胶轨迹程序



图 1 涂胶轨迹手持式示教器

### 2.4 安全防护设计

设备工作台上部采用亚克力透明板拼接而成，形成透明展示窗，其中三块为固定式，操作端设置为上下升降式。

为保证四轴机器人在工作过程中的安全，当升降门运行到 Z 向最上方的时候，操作人员开始放置未涂胶托盘，四轴机器人处于脱机状态，当操作人员将升降门拉到 Z 向最下方位置，以及推拉门处于关闭状态时，四轴机器人处于待运行状态。只有当托盘已固定到位置且

升降门下降到位时，涂胶状态指示灯才亮，此时操作人员可双手同时按下两个按钮（如图4所示绿色按钮），开始涂胶。

同时，安装有急停按钮（如图4中间红色按钮），如遇特殊情况可接触急停开关，使设备停止运行。

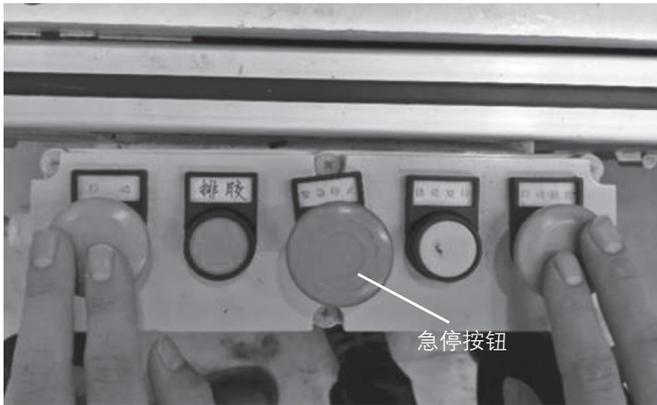


图4 系统按钮设计

### 2.5 自动转手动设计

互不影响、互为备份，即自动涂胶出现故障时，能迅速切换到手动涂胶。

通过对原有系统进行改造，增加转换管路，使自动涂胶设备和人工涂胶两者可以相互无缝切换。当备胎仓涂胶机出现故障不能继续使用时可以马上启用人工涂胶机，实现自动涂胶设备和手动涂胶设备互不影响、互为备份，即自动涂胶出现故障时，能迅速切换到手动涂胶，从而降低自动涂胶设备故障导致的生产线停线风险。

## 3 工艺设计

原有手动涂胶工艺：工件固定在旋转工作台上并随工作台旋转，工人手持带有开关的胶枪，沿工件边缘均匀涂满一圈，人工控制开关胶和涂胶轨迹。

四轴机械手自动涂胶工艺：自动涂胶设备，工人只需将后备箱托盘固定在工作台上，关闭升降门，并双手同时按下两个按钮，设备启动，系统根据识别到的零件材料类型，自动选择程序并启动胶枪，按设定轨迹进行涂胶，涂胶完成后自动停止。

经过对比可以发现，该自动涂胶设备只需要工人按相应按钮，且涂胶过程全封闭完成，与工人完全分离。

## 4 应用效果与效益

自该设备投入使用后，通过自动涂胶设备的作业模式，备胎仓托盘的胶型得到了有效的统一，由原来人工作业的不确定性、差异性变为现在的一致性、统一性，达到了标准化作业的要求，取得了可观的效益。

(1) 胶型轨迹质量提升：自动涂胶设备能够精确、稳定地进行涂胶作业，以保证高度准确的胶型和涂胶轨迹的一致性，设备投入使用后，因胶型轨迹不合格导致的后备箱漏水问题概率降低为0。

(2) 生产效率提升：该工位工艺由手动涂胶改为自动涂胶后，完成全部相关工艺由原来的90s左右降低为70s左右，整体工时缩短，后续产能提升无须再进行工艺调整。

(3) 工人身体健康：该系统为由亚克力玻璃板封闭的自动涂胶设备，工人无须处于有毒有害的环境中手持胶枪进行涂胶操作，大大减少了工人近距离接触有毒有害化学品的频次，从而能够极大程度地改善工人健康。

## 5 结语

本文采用低成本的四轴机械手实现了后备箱托盘工位自动涂胶，总价仅为KUKA机器人的1/10、IIWA等人机协作机器人的1/3，且结构更加简单，可靠性高，便于维修维护。该方案不仅提升了生产效率，同时提升了涂胶轨迹和胶型的准确性及一致性，改善了工人工作环境，可推广应用至所有主机厂。

### 参考文献：

- [1] 邵东生，周春晖. 涂胶系统组成及涂胶泵机工作原理[J]. 设备管理与维修, 2017(9): 139-140.
- [2] 刘东. 四自由度机械手的设计[J]. 科技与创新, 2014(23): 14+16.
- [3] 徐辉，董定欢. 视觉引导机器人涂胶技术[C]// 徐辉. 2020中国汽车工程学会年会论文集(3). 北京：机械工业出版社, 2020: 62-65.

**作者简介：**宋卓希（1986-），女，汉族，硕士研究生，工程师，研究方向：汽车总装工艺设备开发和项目管理；王宇晨（1990-），男，汉族，硕士研究生，工程师，研究方向：汽车总装设备开发与维护。